



TITLE:

# 重力測定に於ける振子台共振れの土地による相違

AUTHOR(S):

熊谷, 直一

---

CITATION:

熊谷, 直一. 重力測定に於ける振子台共振れの土地による相違. 地學  
1949, 1(1): 27-36

ISSUE DATE:

1949-07-23

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/186203>

RIGHT:

# 重力測定に於ける振子台共振れの 土地による相違\*

熊谷直一

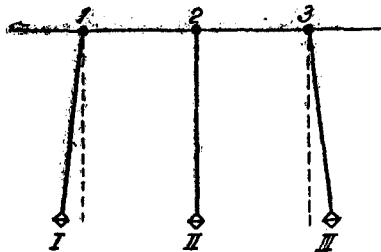
## 1. 前 語

昭和12年の夏、測地學委員會の事業として台灣の重力測定が行はれた。測定に参加した者は、村上政嗣理學士、初田甚一郎理學士、淺山哲二理學士、及び筆者の四名で、この外測定見學の爲めに新妻清一氏が行をと共にされた。當時は已に非常時局に入つていたに拘はらず、元台灣總督府及び各測定地の諸官廳は、多大の援助を寄せられて測定を容易ならしめられた。茲に深謝の意を表し度い。

上の台灣の重力測定には、マイネツ氏 (Vening Meinesz) 海洋重力測定裝置を使用したのであるが、後述する事情のために、振子台の共振れ (Flexure of pendulum support, Mitschwingen) に對する修正を必要とした。この爲めに測定點毎に特に實驗を行なつて、共振れの大きさを決定したのであるが、その結果、共振れの大きさが土地により著しく異なることを見出したのである。本論文は之れに關する研究をまとめたものである。この研究に對して當時懇切な御忠言を與へられた松山基範博士、並に最近重要な御指示を頂いた長岡半太郎博士に深く感謝の意を表し度い。

## 2. 台灣の重力測定に用ひた特殊な振子觀測法

マイネツの重力測定裝置では、已に衆知の通り<sup>1)</sup>、振動週期がほぼ等しくしてある三箇の振子の双稜を、共通の金屬板の上にはめ込んである三箇の瑠璃の平面の座の上に乘せて、真中の座にかゝつてゐる振子Ⅱは、出来る限り小さい振動で、兩端の二箇の振子ⅠとⅢは、相等しい振幅をもつて互に反對の向きで振らせるのである (第一圖)。そして真中の振子の振動と、この振子の角變位 (elongation) と、端の振子の角變位の 差の 時間的變化、即ち假想振子 (fictitious pendulum) の振動とを感光紙に記録する。然る時は振子自



第一圖

體の運動又は土地の脈動その他の原因によつて振子台が振子の振動面に平行な方向に小さな加速度運動を起すことがあつても、假想振子の振動は之に影響されないで、振動の記録から兩端の振子の固有振動週期を見出し得るのがこの裝置の特徴である。所が昭和12年の台灣重力測定では、次に述べる通り、この本來の便利な方法を採用出來

※昭和14年4月、日本地球物理學會(京都)の學術講演會で發表。

なかつた。といふのは、昭和7年和蘭の Nederlandshe Seintoestellenfabrik からこの装置を購入した當初、端の振子Ⅰの役をしていた振子 No. 9 の双稜のはめ方に極めて拙劣な細工が施されてあつて、それ以來この振子の舉動について注意を怠らなかつたのである。昭和9年の南洋群島の島の上及び元海軍の呂號第57潜水艦による日本海溝中部の海上の重力測定<sup>2)</sup>は、この装置によつて無事に成功したのであるが、翌昭和10年、元海軍の伊號第24潜水艦によつて、日本海溝南部海上と父島に於ける測定<sup>3)</sup>を行うた際、荒天の海上を航行中装置が激動を受けた日があつたのであるが、それ以來この振子是不變性を失つてしまつた。即ち双稜のはまり具合に遂にガタが出来たのである。この經驗に基き、潜水艦が荒天の海上を航行中振子を安全に固定しうる装置を完成した。この安全装置は陸上測定の場合でも使用した方がよいと思つてゐる。

次いで台灣の重力測定が計畫されると共に、この振子の双稜取りかえを行なつたのであるが、振動週期を他の残りの振子 No. 7 (振子Ⅰ) 及び No. 8 (振方Ⅱ) に合はせる爲めの調節が完成出来なかつたので、マイネツ装置の本來の測定法を採用することをやめ、次に述べる別の方法を採用したのである。

振子 No. 7, 8, 9 は、夫々座第1, 第2, 第3 にかゝつてゐるものであるが、双稜の取かえをした振子 No. 9 と、振子 No. 8 とを位置を交換して、真中の振子Ⅱとして No. 9 を用ひ、兩端の振子ⅠとⅡに夫々 No. 7 と No. 8 を使用した。そして兩端の振子は、相等しい振幅をもつて位相差を  $180^\circ$  として振動せしめ、真中の振子は固定してその鏡をして單に反射鏡の役目を爲さしめた。従つて感光紙に記録されるものは、兩端の振子の實振子 (real pendulum) としての振動である。この方法は、今更新しいものではなくて、二振子法 (Zweipendelverfahren) の、振子台の共振れの影響を最小にする方法に屬するものである。この方法では、二個の振子の週期も振幅も共に完全に相等しくない爲めに、最初位相差を正しく  $180^\circ$  にして始動させても、次第に位相の差は  $180^\circ$  から離れてくるので、茲に共振れの影響に對する修正を考慮する必要が起つてくるのである。この修正は次の通りである。

今振子Ⅰだけを單獨に振動せしめた場合の週期は、共振れの影響を受けて、振子台が完全な剛體であつて共振れを起さないとした場合の固有週期よりも幾分大きくなつてゐるものである。週期の増加量を  $\gamma_1$  とする。同様に振子Ⅱに就いては、之れを  $\gamma_2$  とする。然る時は、兩振子がほぼ相等しい振動で、又大畧逆の位相で、同時に振動している場合は、共振の影響が少し入つてくる。即ち共振れがないと假定した場合の二つの振子の固有週期は、觀測されたまゝの週期  $T_1$  及び  $T_2$  に、共振れに對する修正を施したものに等しい。 $T_1$  及び  $T_2$  に加ふべきこの修正値は、夫々  $-\gamma_1$  及び  $-\gamma_2$  に或係数を乗じたものであつて<sup>4)</sup>、この係数の値は、マイネツの装置では普通 0.05 の程度である。

台灣の重力測定では、以上の方法の外に次の方法も試みた。即ち問題の振子 No. 9 と振子 No. 8 を元の位置に戻して、振子 No. 9 を端の第3の座に之れを固定し、残りの二つの振子を等振幅、逆位相で振動せしめた。然る時は、感光紙に記録されるものは、この二つ

の振子の組合せによる仮想振子と、真中の實振子の振動とである。この場合實振子の週期には、共振れの影響が入ってくるので、之れに對する修正を行なはなければ、その固有週期は求められない。

そこで測定の原因である京都大學理學部地質學鑛物學教室地下室の理論地質學第二實習室内重力測定台の上と、台灣の各測定點に於て、二つの實振子を觀測する二振子法の間へ  $\gamma_1$  と  $\gamma_3$  の大いさを決定する實驗をはさんだ。この實驗には初田講師の援助を受けたことが大であつた。

### 3. 振子台共振れの測定

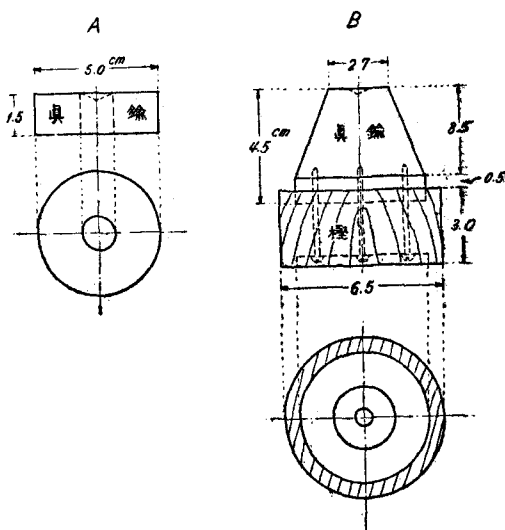
$\gamma_1$  と  $\gamma_3$  の大さを求める方法は色々あるが、マイネツの重力測定裝置に便利なものは次の方法である。真中の振子Ⅲを固定しておいて、最初振子Ⅱを振動させないで自由につるし、振子Ⅰを相當大きな振幅で始動せしめると、振子Ⅰはエネルギーを振子Ⅲに與へる爲めに、その振幅は次第に減少し、振子Ⅲは次第に振幅を増加する振動を行なうに至る。最初から  $t$  時間後の振子Ⅰ及びⅢの振幅を夫々  $a_1$  及び  $a_3$  とすれば<sup>5)</sup>、

$$\gamma_1 = \frac{a_3}{a_1} \frac{T^2}{\pi t} + \frac{a_3}{a_1} \frac{\pi t}{24} \left( \frac{T_3 - T_1}{T} \right)^2 \dots\dots\dots (1)$$

で求められる。茲に  $T_1$  及び  $T_3$  は、夫々振子Ⅰ及びⅢが夫々單獨に振動している時の週期で、 $T$  は  $T_1$  と  $T_3$  の算術平均である。 $\gamma_3$  を求める式は (1) 式の尾符號 1 と 3 を交換したものである。(1) 式の右邊の第二項は、元來  $T_3 - T_1$  は  $T$  に比較すれば極めて小さいものであるから、 $t$  を非常に大きくとらなければ、之を無視することが出来る。マイネツ裝置の振子では、 $T \doteq 0.5052 \text{ sec}$ 、又  $t$  は重力測定の場合の觀測時間と等しく 30 分としたから、

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_3} = 451 \times \left\{ \frac{a_3/a_1}{a_1/a_3} \times 10^{-7} \text{ sec.} \dots\dots\dots (2) \right.$$

となる。同一測定點で、 $\gamma_1$  及び  $\gamma_3$  の各々に對して實驗を二回づゝ試みた結果を見ると、 $\gamma_1$  と



第二圖

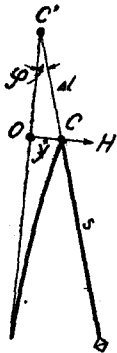
$\gamma_3$  は相等しと云ふことが見出された。後に掲げる表の内  $\gamma$  の欄に示された數値はこの實驗結果の平均値である。同表中振子台三脚の座金の欄に A と記入したものは、第二圖で示した通り、眞鑄製の扁平な座金であり、B と記入したものは、同圖で示す通り椶の木の圓盤の上に眞鑄の截頭圓錐を堅く取りつけたものである。

振子台の共振れといふのは、一つの振子が振動している時に、振子の双稜がその双稜受けを水平の方向に押す爲めに、振子台が起す彈性變形のことである。今

角變位の大いさが  $\varphi$  である瞬間に、双稜が双稜受けを水平に押す力を  $H$ 、これによつて双稜受けが起す水平變位  $OC$  を  $y$  とすれば (第三圖), 衆知の如く

$$H = Mg \frac{s}{l} \sin \varphi \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$y = \frac{1}{\epsilon} H \quad \dots\dots\dots (4)$$



である。茲に  $M, s, l$  及び  $g$  は、夫々振子の質量、振子の重心から双稜の先端までの距離、相等單振子の長さ及び重力の大いさである。 $1/\epsilon$  は常數であつて、共振れの因子 (Mitschwingungsfaktor) と稱し、振子台の彈性に關する量とせられている<sup>1)</sup>。共振れの爲めに週期が増大する理由は、第三圖で示す通り、水平變位  $y$  の爲めに、振子の回轉軸が双稜の先端  $C$  から上方  $C'$  に移る爲めに、相當振子の長さ  $l$  が  $l + \Delta l$  に増加するからである。 $\Delta l$  及び週期の増加量  $\gamma$  は

$$\Delta l = y \operatorname{cosec} \varphi \quad \dots\dots\dots (5)$$

第三圖 又は之れに (3), (4) を代入して,

$$\Delta l = \frac{1}{\epsilon} Mg \frac{s}{l} \quad \dots\dots\dots (5.1)$$

及び

$$\gamma = \frac{1}{2} \frac{\Delta l}{l} T \quad \dots\dots\dots (6)$$

で與へられる。茲に  $T$  は理論上振幅が無限に小さい場合の固有週期である。(5) 及び (6) 式から

$$y = \frac{\gamma}{T} 2l \sin \varphi \quad \dots\dots\dots (7)$$

を得る。この式の  $\varphi$  に振幅の値を代入してうる  $y$  の値は  $y$  の最大値である。之れを  $y_m$  で表はして置く。

すでに述べた通り、振子 I 及 II の各々に對する  $\gamma$  の大いさは、兩振子を同時に振らせて求められたものであるけれども、この  $\gamma$  の値は、これら二振子を夫々單獨に振動させた時の台の共振れによる影響であるから、この値を (7) 式の右邊に代入して計算される  $y$  の値は振子を實際に單獨に振動させたとした場合に、双稜受けに生ずべき筈の水平變位であることは明かである。然し乍ら  $\gamma$  の大いさを求めた實驗に於て、例へば振子 I が振動を始めた許りの初期に於ては、一方の振子 II は振動をしていないのであるから、振子 I 丈が單獨に振動していると見てよい。従つて振動の初期に於ては、(7) 式で求められる  $y$  の値に等しい水平變位を振子 I の双稜受けが實際に之れを行なつたのであると云ふことが出来る。これは二個の振子が共通の台の上で同時に振動しておる場合の運動の式<sup>2)</sup>から證明することが出来る。さて振子 I 及び II に對しては  $T = 0.5052 \text{ sec}$ ,  $l = 25.3 \text{ cm}$ , 且つ初期の振幅は記録紙の上で  $1.70 \text{ cm}$  である。記録の上の移動を角度に直す係數は、マイネツの裝置では  $0.00552 \text{ radian/cm}$  であるから、振幅は  $0.00938 \text{ radian}$  即ち  $32'.2$  である。従つて振動の初期に

振子の双稜受けが實際に行うた水平變位の最大値は、之等の數値を(7)式に代入して、

$$y_m = 0.938 \gamma \quad \mu\mu \quad (=10^{-7}\text{cm}) \quad \dots\dots\dots (8)$$

で計算出来る。

(8)式で求めた  $y_m$  の各測定點に於ける値は、表に示す通りである。その値の如何に小さいかは驚く可きであつて、最大の値  $244 \mu\mu$  (台北)でも遠紫外線の波長の程度であり、最小の値  $60 \mu\mu$  (高雄)に至つては、極端紫外線の波長の程度である。こんな微小の變位を生じた外力(剪斷力)  $H$  の大きさを(3)式によつて求めると、角變位  $\varphi$  に振幅  $32.2$  を入れ  $M, l, s$  の前出の値を用うれば、 $10.4$  瓦重となる。双稜の先端が双稜受けに接觸している線の長さは  $2.4\text{cm}$  である。こんな小さな外力で、物體の變形による變位量を、 $10^{-7}\text{cm}$  單位で見出し得た事は驚異すべきことであつて、之れは最後に述べるように應用の途がある。

次に共振れの振子  $1/\varepsilon$  を(3)、(4)及び(7)式から求めると、

$$\frac{1}{\varepsilon} = \frac{\gamma}{T} \frac{2l^2}{Mgs} \quad \dots\dots\dots (9)$$

となる。 $T$  と  $l$  に対しては前出の値を用ひ、 $g = 980 \text{ cm. sec}^{-2}$ ,  $M = 1330 \text{ gr}$ ,  $s = 20.71 \text{ cm}$  を代入すれば

$$\frac{1}{\varepsilon} = 0.937 \gamma \times 10^{-11} \text{ cm/dyne} \quad \dots\dots\dots (10)$$

を得る。或はこの式と(8)式を組合はせて

$$\frac{1}{\varepsilon} = 1.00 y_m \times 10^{-11} \text{ cm/dyne} \quad \dots\dots\dots (11)$$

を得る。かくして求められた  $1/\varepsilon$  の各測定點に於ける値は、表の最後の欄に示す通りである。

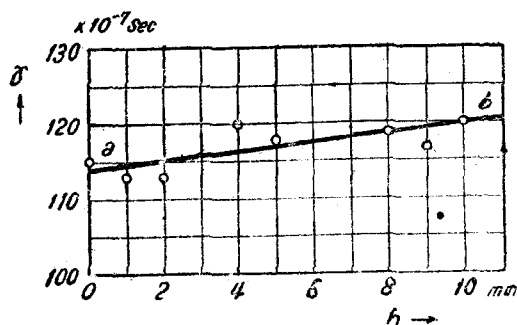
表 共振れの測定結果

No.	測定地	測定場所	地層	振子台 三脚 ノ座金	共振レニ依ル 週期ノ増加量	振幅 $32.2$ ニ對スル	共振レノ 因
					$\gamma$ $10^{-7}\text{sec}$	$y_m$ $\mu\mu(10^{-7}\text{cm})$	$1/\varepsilon$ $10^{-11}\text{cm/dyne}$
1 2	京都(始)	原點重力測定室 測定室	沖積層	A	$113 \pm 3 (M.E.)$	106	106
3	台北	第一師範學校 コンクリート床	同	B	$260 \pm 4$	244	244
4	新竹	高等女學校 コンクリート床	同	B	$107 \pm 3$	100	100
5 6	台中	第一中學校 コンクリート床	同	B	$149 \pm 3$	140	140
7	埔里	北公學校 コンクリート床	同	B	$136 \pm 6$	128	128
8	嘉義	中學校 コンクリート床	同	B	$78 \pm 3$	73	73
9	阿里山	總督府營林所嘉義出張所 阿里山派出所 コンクリート床	第三紀層	B	$90 \pm 3$	84	84

10	朴子	公學リート校床	沖積層	B	130±5	122	122
11	高雄	高等女學リート校床	同	B	64±6	60	60
12	馬公	尋常高等小學校床	同	B	109±3	102	102
14	恒春	第一公學リート校床	同	B	71±4	67	67
15	花蓮港	高等女學リート校床	同	B	121±3	113	113
16	玉里	公會リート堂床	同	B	250±8	235	235
17	台東	尋常高等小學校床	同	B	83±2	78	78
18	京都(終)	原點重力測定室台	同	A	108±3	101	101
21	同	原點重力測定室床	同	A	72±1	68	68
22	同	原點重力測定室床	同	B	115±2	108	108

#### 4. 測定結果の考察

表に示された $\gamma$ ,  $y_m$ , 及び $1/\varepsilon$ の値を見ると, 振子台三脚の座金は, 台灣では各測點ともBなるに拘はらず, 土地により著しく異なる事が認められる。然し之を確定する前に, 吟味すべき事項が一つある。それは振子台三脚の高さが, 測點毎に同一であつたと保證出来ないの, 三脚の高さの違ひが,  $\gamma$ の大きさに及ぼす影響を調べて見なければならぬと云ふ事である。そこで原點の測定台の上で, 座金Aを用ひて之れを調べて見た。三脚を一



三脚の高さ(最低値ヨリ測ル)

第四圖

杯にねぢ込んだ場合の高さを零として, 少しづつ三脚を出して, 最高10mmまでの色々の高さに對して $\gamma$ の大きさを實驗的に見出した結果は第四圖に示した通りである。直線abは,  $\gamma$ と三脚の高さhとの關係を示すものであつて, 之れから見ると, hが零から10mmに増加する時,  $\gamma$ は直線的に増大するが, 僅かに $6 \times 10^{-7} \text{sec}$ の増加をなすに過ぎない事が分る。台灣の各測定點でhの値が同一で

なかつたにしても, 10mmも相違していたとは到底考へられない。従つて $\gamma$ その他の量の土地による相違の原因は, hの不同にあるといふ疑は解消してよい。なお測定室の床面が幾分傾斜していた場合のあつた事を記憶している。この場合は振子台を水平にする爲めに

三脚の個々の高さに不同があつた事になるが、その影響は、實驗的にまだ検討していないけれども、 $\gamma$  と  $h$  との関係についての上述の實驗結果から考へて、問題にはなるまいと思はれる。

なお第四圖の結果の示す重要なことは、三脚の先端と座金との接觸部及び三脚の雌雄兩捻のかみ合部には不安定性がないと云ふことである。何となれば、若し之れらが不安定であるならば、三脚の高さを變へるときは、上記の接觸部やかみ合部が變はるから、 $\gamma$  の値には極めて不規則な變化が起り第四圖のような可なり規則正し結果は得られないと豫想されるからである。

従つて  $\gamma$ 、 $1/\varepsilon$  及び  $y_m$  (但し同一振幅に對するもの) 等の値は、振子台の三脚の座金に同一物を用ひ、且つ安全のために三脚の高さも同一、又地面も水平とするならば、土地の性質にも影響されるものであると結論してよいと思はれる。

次に表の数値について、原點の結果をも含めて更に考察を進めて見たい。

先づ台灣に於て  $\gamma$  が  $100 \times 10^{-7} \text{sec}$  以下のものを拾らつて見ると、嘉義、阿里山、高雄、恒春、及び台東の五箇所の測點である。この内阿里山を除けば、他の四箇所の測定點は何れも沖積層の上にあるが、マイネツの裝置を据えつけた室の床は堅牢なコンクリートであつた。この中で  $\gamma$  及その他量が最がも小さい高雄の測點のコンクリートは、全測點中最も堅牢であつた。之れに反し、 $\gamma$  が  $100 \times 10^{-7} \text{sec}$  以上となつてゐる。上の五箇所以外の測定點は、何れも同じく沖積層の上にあるが、測定室の床のコンクリート張りは概して脆弱であつたといふ印象が残つてゐる。特にこの内で  $\gamma$  が  $200 \times 10^{-7} \text{sec}$  を越ゆる台北と玉里の測定室のコンクリートの床は、著しく弱かつたと記憶している。同じく沖積層の表面層といつても、場所により岩質従つて彈性率の相違があるべき事は豫期されることであるが、振子台三脚の座金と土地の間にあるコンクリートや塗喰のような薄層が、共振れに大きな影響を有することか認められる。

所が阿里山の場合は、測定室のコンクリート張りの床は粗末であつたに拘はらず、 $\gamma$  は比較的小さい。これはコンクリートの厚さが薄くて、その下が直ちに第三紀層の堅牢な岩磐になつてゐるので、之れによるものと考へられる。

嘉義の測點についても少しく説明を要するものがある。測定場所である嘉義中學は、嘉義市東方の丘陵の西傾斜面の上にあり、市の中央部から 15~20m の比高にある。中學の直ぐ東側には八獎溪北岸の階段堆積層 (洪積層)<sup>8)</sup> が露出してゐる事から考へると、中學所在地の沖積層の厚さは比較的小さく、その下部の洪積層は地表に接近していると推察される。それにも拘はらずこの測定の際の  $\gamma$  及びその他の量の位が、厚い沖積層の上にあると考へられる高雄、恒春、及び台東の測點のものと比べて、大差ないのは、共振れに關與する土地は表層の部分だけであつて、深部に殆んど關與しないものであることを暗示している様に思はれる。

次に原點京都に於ける結果についても決意すべき事柄がある。先づ座金 A を用ひて、測



定台の上で見出した $\gamma$ 、及びその他の量の値は、始と終りの二回の測定で良く一致している。所が同じ座金を使つて、測定室の平坦なコンクリートの床上では、これらの値は著しく減少している、測定台はコンクリートの床面に築かれた断面 39cm 四方 高さ 65.5cm のコンクリートの角柱の上の方 49.5cm、厚さ 10cm の花崗岩の磐石を取りつけたものであるが、上の結果は、平坦な床よりも凸形の台の方が變形し易いことを物語っている。次に床面の同一地所で、座金 A を用いた場合と B を使つた場合の結果（表中下の一段及び二段の數字）を見ると、後者は前者の約 1.6 倍である。之れは座金 B（第二圖）が金屬を木に取りつけたものであるので、A よりも變形し易い爲めであると考へられる。

以上の事柄を綜合して見ると、共振れに関する諸量 $\gamma$ 、 $y_m$ 、及び $1/\varepsilon$ 等の大いさを左右するものは、

1) 振子台

2) 振子台が据付けられている土地（コンクリート床等の如き表面の状況をも含む）

3) 振子台と土地の表面との連結の仕方であり、なお

4) 土地の深部は實際上共振れには關與せぬということが結論出来る。京都原點で共振れに大きな影響を持つた測定台は、2) 又は 3) に入る可きものである。1), 2), 3) の意味することは、振子の双稜が双稜受けを水平に押す爲めに、振子台、土地、及び兩者の連結物の三者が變形を起すといふこと、即ち振子と共に動くものは、この三者であるといふことである。

今土地の變形による地表（測定室の床面）の水平變位を $y'$ とすれば（第五圖）、

$$y - y' = x \quad \cdots \cdots (12)$$

で與へられる $x$ は、振子台と連結物丈けの變形によつて起るべき双稜受けの水平變位である。従つて $y$ は $y'$ と $x$ との二部分よりなる。即ち

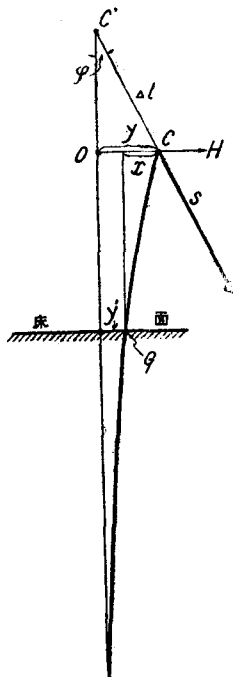
$$y = x + y' \quad \cdots \cdots (13)$$

である。 $x$ と $y'$ の最大値を夫々 $y_m$ と $y'_m$ すれば、之れ等は振子の角變位が振幅に等しくなつた時に起るものと考へてよいから、

$$y_m = x_m + y'_m \quad \cdots \cdots (14)$$

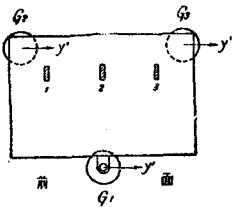
である。

マイネツ装置の平面圖を示す第六圖で、1, 2, 3 は双稜受けの位置、 $G_1, G_2, G_3$  は振子台三脚の座金を示す。1, 2, 3 の間隔は 13cm 座金の中心の間隔は  $G_1 G_2 = G_1 G_3 = 37\text{cm}$ 、 $G_2 G_3 = 42\text{cm}$ 、振子の振動面は  $G_2 G_3$  に並行である。第五圖の床面の G 點は、 $G_1, G_2, G_3$  を代表するものである。床面（地表面）の變位 $y'$ は第六圖に示す通り、三個座金の基底の變位であるが、座金の基底外の地表の變位は、基底から横に遠ざかるにつれて減少すべきものである。



第五圖

何となれば、若し減少しないとすれば、理論上地表を無限に廣い平面と假定した場合、全地表面にわたつて變位を生ずに要するエネルギーは無限大となるからである。減少の仕方



第六圖

は、地面の情況に依るものであるが、地表の變位は恐らく座金の基底の附近のみに起るものであり、之れから遠ざかれば急速に減少するものと思はれる。若し(14)式の  $x_m$  が測點毎に變らないものならば、各測點間の  $y_m$  の差は、地表の最大變位  $y_{vm}$  の差に等しくなるのであるが、之れは極めて疑はしい。何となれば、土地が完全な剛體であるとした場合には、力Hのなす仕事は全部振子台と三脚と座金の變形のみに消費されるから、この場合が  $x_m$  が最大である。

然し土地も共に變形する場合は、之れにもエネルギーの消費を必要とするから、この場合の  $x_m$  の値は上記よりも小さくなる筈である。従つて  $x_m$  も土地により異なるものと考へねばならない。 $x_m$  に對する土地の影響は案外著しくないのではないかと考へられるが、然し之等の事情を十分解決せぬ内は、 $y'_m$  の大いさを云々する事は出来ない。

共振れの振子  $1/\epsilon$  の元は、(4)式から分る通り、〔長さ〕/〔力〕である。従つて逆数  $\epsilon$  の元は、〔力〕/〔長さ〕=〔力〕/〔面積〕〔長さ〕である。即ち  $\epsilon$  は、彈性恒數と長さの相乗積で表はさるべき物理量であることが分る。従つて上記の1), 2), 及び3)の物體の構造と之れを構成する各部分の彈性率が  $\epsilon$  の値を決定するものである。

共振れに對する修正値を見出すのに、上に述べたような振子の振動によらない方法が以前から行はれている。之れは双稜受けの面を相當大きな例へば1疋重の力で水平に引き、これによる双稜受けの變位を、床面に固定した物體に對する變位として測定し、力と變位の比を  $\epsilon$  の値として、 $\Delta l$  又は  $\gamma$  の大いさを(5,1)式又は(6)式によつて求めるのである。この方法で注意すべきは、床上に置く物體を振子台に接近させてはならないと云ふことである。接近させて置くと、物體は床面と共に、測定せんとする變位の方に移動するから變位はそれだけ小さく測られるからである。如何程遠ざければよいかは、已に述べた通り床面の變位は、振子台から離れる程減少すべきであるから、實驗を試みて、最大の變位、即ち眞實の  $\gamma$  の大いさを見出し得る迄離せばよい。

##### 5. 地層及び構築物への應用の提唱

地質年代の異なる地層、或は同一年代の地層の異なつた場所に對して、上記の共振れの實驗を行つて、一定の振幅に對する  $y_m$  の値を測定し、之れから地表面の最大水平變位  $y'_m$  の大いさ、又はその相對的の値を見出すことが出来たならば、地質學上色々興味があるように思はれる。この爲めには裝置を据える地層の露頭面が、裝置を中心として相當廣い範圍にわたつて平坦になつていなければならない。前に述べた通り、共振れに關與する地層の部分は表面に近い部分丈と考へられるので、之の研究は特に風化層の物理的研究に對して新しい應用面を有するかと思はれる。

同様の測定は、各種の橋梁、舗装道路、その他大小の構築物に試みることが出来る。

大體固體の小變形を見出す爲めには、普通の方法では可なり大きな外力を用ひなければならぬ事は衆知である。所が共振れを用ふる方法では、前述の通り外力は 10 瓦 重程度であつて、變形による變位の大さは  $10^{-7}$  cm 即ち  $\mu\mu$  單位で見出し得る極めて小さいものであるといふことがこの方法の大きな特徴である。

この應用目的の爲めには、マイネツの裝置は實は不適當である。即ちその振子台の構造から考へて  $x_m$  の値が極めて大きいといふことゝ、重量が大きくて運搬に大變不便である事が缺點である。それでこの目的の爲めには、次の條件を満足する共振れの測定裝置を新作せねばならない。

- 1) 振子台の彈性變形を無視出来る程に小さくすること。之れは程度の問題であつて、或程度迄は可能である。
- 2) 裝置全體を出來得る限り軽くすること。
- 3) 振子台を地層の地肌や構築物の床面に出来る限り直接的に取りつけ、且つこの取付け方を常に一定に然も緊密にする事。

## 6. 文 献

- 1) E. A. Vening Meinesz: Theory and Practice of Pendulum Observations at Sea, Publication of the Netherlands Geodetic Commission (1912 Delft),
- 2) 松山基範, 熊谷直一, 南洋群島及日本海溝上に於ける重力測定 天文月報 第28巻 第7,8號 (昭和10年78月).  
M. Matuyama: Measurements of Gravity Over the Nippon Trench on Board the I. J. Submarine Ro-57. Preliminary Report. Proc. Imp. Acad. (Japan), **10** (10), 626~628 (1934).  
M. Matuyama: Gravity Survey by the Japanese Geodetic Commission Since 1932. Intern. Union of Geod. and Geophys. 6 th. General Conf., Edinburgh 1936, Japan Report.
- 3) M. Matuyama: Gravity Survey by the Japanese Geodetic Commission Since 1932. loc. cit.
- 4) H. Schmehl: Z. S. f. Geophys. **3**, 157 (1927)
- 5) Wien-Harms: Handb. d. Exp. Physik, Geophys. 2. Teil. 227 (1931 Leipzig).
- 6) W. Jordan: Handb. d. Vermessungskunde, 3. Bd. 636~640 (1916 Stuttgart)  
Wien-Harms: loc. cit. 210.
- 7) Mien-Harms: loc. cit. 225 (式 (97)).
- 8) 台南州嘉義油田調査報告。台灣總督府殖産局出版 第584號。頁17。(昭和6年1月發行)。  
台南州嘉義油田地質圖 (北部) 台灣總督府殖産局 (昭和5年4月15日發行)。